

**Plethysmograph device and procedure for obtaining volumetric data from an object without contact with the object to determine the object volume, used for measuring fluctuations in volume of human body part or organ**

**Publication number:** FR2774276 (A1)

**Publication date:** 1999-08-06

**Inventor(s):** OUCHENE AMINA; TESTUD JEAN LOUIS; CHEVALIER PATRICK +

**Applicant(s):** INNOTHERA TOPIC INT [FR] +

**Classification:**


- international: **A61B5/103; A61B5/107; A61B5/103; A61B5/107; (IPC1-7): A61B5/107**

- European: **A61B5/103F; A61B5/107L**


**Application number:** FR19980001361 19980205


**Priority number(s):** FR19980001361 19980205


**Also published as:**

 **FR2774276 (B1)**

**Cited documents:**

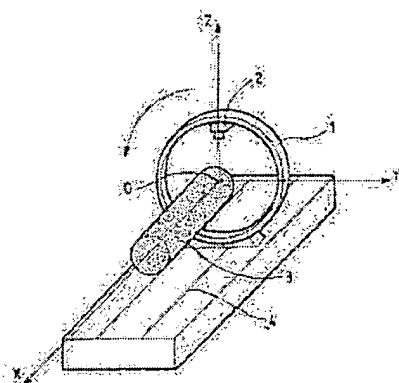
 **DE3535270 (A1)**

 **FR2175283 (A5)**

 **DE8528559U (U1)**

**Abstract of FR 2774276 (A1)**

Plethysmograph comprises a circular unit (1), one or more distance sensors (2) arranged around the circular unit and able to turn within the unit to measure the distance between the circular unit (1) and the member being measured and a displacement unit that displaced the unit axially along the member to be measured. An independent claim is made for a procedure for making volumetric measurements with the device of the first claim. The sensors may be either laser devices or matrix type cameras.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 774 276**

②① N° d'enregistrement national : **98 01361**

⑤① Int Cl<sup>6</sup> : A 61 B 5/107

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②② Date de dépôt : 05.02.98.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 06.08.99 Bulletin 99/31.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *INNOTHERA TOPIC INTERNATIO-  
NAL Societe anonyme — FR.*

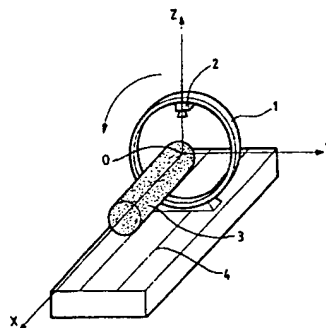
⑦② Inventeur(s) : *OUCHENE AMINA, TESTUD JEAN  
LOUIS et CHEVALIER PATRICK.*

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : *CABINET BARDEHLE PAGENBERG  
ET PARTNER.*

⑤④ **PROCÉDE ET DISPOSITIF DE PRISE DE DONNEES VOLUMIQUES SANS CONTACT D'UN OBJET, EN PARTICULIER PLETHYSMOGRAPHE POUR LA DETERMINATION DU VOLUME D'UN MEMBRE D'UN SUJET.**

⑤⑦ Ce dispositif comprend une unité circulaire (1), un ou plusieurs capteurs (2) de distance situés dans l'unité circulaire (1) et pouvant tourner dans l'unité circulaire (1) pour déterminer la distance entre l'unité circulaire (1) et le membre à mesurer, et une unité de translation (4) capable de déplacer l'unité circulaire linéairement le long du membre. Les capteurs peuvent être des capteurs optiques de distance du type laser ou des capteurs optiques de surface du type caméra matricielle. Avantageusement, le dispositif comprend de plus une commande d'axe permettant le pilotage de l'unité circulaire et de l'unité de translation.



**FR 2 774 276 - A1**



L'invention concerne un dispositif et un procédé de prise de données volumiques sans contact d'un objet, en particulier un pléthysmographe pour la détermination du volume d'un membre (jambe ou bras) d'un sujet. Elle concerne également un système pour la mise en oeuvre  
5 du procédé dans un milieu clinique ou autre.

Il est important d'évaluer les changements de volume d'un membre, par exemple pour l'exploration des propriétés mécaniques du réseau veineux par l'amplitude et la répartition des variations de volume du membre dans diverses conditions, la mesure d'un effet veinocstricteur, le contrôle de l'efficacité d'une thérapie contre des oedèmes des  
10 bras ou des jambes d'un patient, etc.

Pour cela, on connaît des procédés ou appareils déterminant des silhouettes du membre, généralement en supposant une forme elliptique du membre. Mais tous ces procédés et appareils connus ont l'inconvénient de ne pas tenir compte des concavités, notamment au niveau  
15 des articulations, c'est-à-dire des genoux ou des coudes.

De plus, les résultats de mesure ne doivent pas dépendre de l'opérateur. Il ne doit pas y avoir contact avec le membre du sujet pendant la mesure, ce qui risquerait de provoquer une compression involontaire du membre et donc une modification de son volume. Toute gêne pour le  
20 patient doit être évitée et le temps d'immobilisation du patient doit être le plus court possible, afin d'éviter que le volume de l'objet mesuré ne change et pour permettre de suivre l'évolution dynamique du volume du membre dans certaines conditions expérimentales. Le résultat de la  
25 mesure doit être accessible dans un délai acceptable.

La précision requise pour la mesure d'un volume est de quelques millilitres pour des volumes allant de 0,5 l à 5 l, soit de l'ordre de 2 ‰ à 5‰. Cela exige une mesure particulièrement précise. Le dispositif doit déterminer la morphologie de l'objet à mesurer, il doit pouvoir calculer  
30 des volumes élémentaires, déterminer leur répartition le long du membre et suivre leur évolution.

Le système doit être flexible, il doit pouvoir, en fonction de l'évolution des besoins, s'adapter et suivre les évolutions des performances des capteurs, sans remise en cause fondamentale des principes du dispositif. De plus, le pléthysmographe doit être robuste, fiable, précis et  
35

certifié conforme à la réglementation particulière au fonctionnement en milieu clinique.

Le but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif de prise de données volumiques qui puisse être utilisé pour des expérimentations en milieu clinique ou en laboratoire, qui permette de mesurer de manière précise et répétitive la volumétrie des membres d'un sujet qui peut être placé dans différentes positions, et qui puisse mesurer les volumes des membres sans être influencé par la couleur, la pigmentation et la pilosité des membres du patient.

10 A cet effet l'invention propose un dispositif de prise de données volumiques sans contact des membres d'un sujet, comprenant une unité circulaire, un ou plusieurs capteurs de distance situés dans l'unité circulaire et pouvant tourner dans l'unité circulaire, pour déterminer la distance entre l'unité circulaire et le membre à mesurer, et une unité  
15 de translation capable de déplacer en translation l'unité circulaire.

D'une manière avantageuse, les capteurs sont des capteurs optiques de distance du type laser ou des capteurs optiques de surface du type caméra matricielle.

Selon une forme de réalisation préférée, le dispositif selon l'invention comprend de plus une commande d'axe permettant le pilotage de  
20 l'unité circulaire et de l'unité de translation.

De façon avantageuse l'unité circulaire est constituée d'une couronne motorisée pouvant tourner sur un ou plusieurs tours complets, et sur laquelle sont fixés les capteurs.

25 Selon l'invention, le procédé de prise de données volumiques sans contact des membres d'un sujet est caractérisé par les étapes suivantes : a) on place le membre à mesurer du sujet à l'intérieur d'une unité circulaire ; b) on fait tourner un ou plusieurs capteur(s) de distance à l'intérieur de l'unité circulaire autour du membre à mesurer et on mesure par l'intermédiaire du ou des capteur(s) la distance entre le membre à mesurer et l'unité circulaire sur un nombre de points prédéterminé ; c) on déplace l'unité circulaire linéairement le long du membre à mesurer ; d) on répète les étapes b) et c) en fonction de la forme à mesurer ; et e) on détermine la surface et/ou le volume du membre à mesurer  
30 à l'aide des données prises par le ou les capteur(s).

Selon une forme de réalisation, la rotation du capteur et le déplacement linéaire de l'unité circulaire sont réalisés de façon non couplée. Selon une autre forme de réalisation, la rotation du capteur et le déplacement linéaire de l'unité circulaire sont réalisés de façon couplée.

- 5 Le système selon l'invention de prise de données volumiques sans contact des membres d'un sujet comprend un dispositif de mesure selon l'invention, un système de positionnement du patient, un ensemble support basculant qui porte le dispositif de mesure et qui permet son positionnement selon plusieurs inclinaisons comprises entre la verticale et l'horizontale, et un ensemble de commande et de dialogue avec le  
10 dispositif de mesure, composé d'un micro-ordinateur.

◇

- 15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-dessous, faite en référence aux dessins annexés.

La figure 1 est un schéma de principe du dispositif de mesure selon l'invention.

- 20 La figure 2 est un schéma de principe du système de mesure selon l'invention.

La figure 3 illustre le principe de la mesure par laser.

◇

- 25 La figure 1 montre le schéma de principe du dispositif de mesure selon l'invention. Le dispositif de mesure, ou pléthysmographe, comprend une unité ou un axe circulaire 1 constituée d'une couronne motorisée pouvant tourner sur un ou plusieurs tours complets, un ou plusieurs capteurs 2 fixés sur la couronne et une unité de translation 4 composée d'un axe linéaire motorisé d'une longueur utile d'un déplacement, par exemple de 80 cm, et capable d'entraîner l'unité circulaire 1.

- 30 Un ou plusieurs supports de capteurs sont fixés sur l'unité circulaire et prévus pour supporter les différents types de capteurs afin de faciliter leur échange.  
35

Afin de pouvoir mesurer le volume global d'un objet 3, la couronne qui supporte le capteur 2 peut se déplacer en rotation autour de l'objet à mesurer 3 et en translation selon l'axe longitudinal de l'objet à mesurer 3. Ce dispositif de mesure comporte donc deux axes, un axe circulaire et un axe linéaire, qui permettent de déplacer le ou les capteurs 2  
5 autour de l'objet 3 à mesurer.

Les capteurs 2 peuvent être de différents types, par exemple des capteurs optiques de distance du type laser ou des capteurs optiques de surface du type caméra matricielle. Dans une forme de réalisation préférée, le dispositif est équipé d'un télémètre laser qui relève précisément la distance à laquelle se trouve l'objet par rapport à la position de la tête laser de mesure. Dans une variante de réalisation, le dispositif est équipé de bras d'extension supportant des caméras CCD à haute résolution.  
10

Le dispositif selon l'invention est piloté par un micro-ordinateur permettant de commander le mouvement de la couronne, en rotation et en translation, recueillir les signaux électriques issus des capteurs, traiter les mesures et visualiser et archiver les résultats de traitement.  
15

Dans la suite on décrira l'exemple d'un dispositif équipé d'un capteur de mesure dimensionnel sans contact par télémétrie laser.  
20

La figure 2 montre un schéma de principe d'un système de mesure selon l'invention pour l'utilisation en milieu clinique ou en laboratoire. Elle montre le dispositif de mesure de la figure 1 comprenant une unité circulaire 1, un ou plusieurs supports de capteur fixés sur l'unité circulaire 1 et prévus pour supporter les différents types de capteurs 2, une unité de translation 4 et une commande d'axe permettant le pilotage de l'axe circulaire et de l'axe linéaire et susceptible d'être commandée depuis le micro-ordinateur 7.  
25

Le patient repose sur un dispositif d'examen, par exemple une table ou un siège d'examen 5. La table 5 est à hauteur variable pilotée électriquement et est accolée au bâti 6 supportant le dispositif de mesure. Elle sert pour les mesures en position allongée, jambes allongées horizontalement, inclinées ou surélevées. Le siège d'examen sert pour les mesures en position verticale, jambes pendantes. Il est réglable en hauteur, en rotation et en translation longitudinale et transversale.  
30  
35

La figure 2 montre aussi un ensemble support basculant 6 qui porte le dispositif de mesure et qui permet son positionnement manuel selon plusieurs inclinaisons comprises entre la verticale et l'horizontale.

5 Un ensemble de commande et de dialogue 7 avec le système de mesure est composé d'un micro-ordinateur doté des interfaces nécessaires.

Le pléthysmographe laser selon l'invention comporte donc essentiellement quatre éléments, à savoir un axe linéaire 4 qui assure la translation de la couronne supportant les capteurs 2 le long de l'objet 3  
10 à mesurer, un axe circulaire 1 qui assure la rotation des capteurs 2 autour de l'objet à mesurer, un support 6 qui assure le positionnement de l'ensemble des deux axes par rapport à l'objet à mesurer et une table 5 ou un siège qui supporte le sujet en position assise ou allongée.

Dans un exemple de réalisation préféré de l'invention, l'axe linéaire  
15 est constitué d'un positionneur électrique composé de deux guidages linéaires. Un chariot solidarise les deux guidages et supporte l'axe circulaire. Le choix des deux guidages est fait compte tenu des masses à déplacer et pour assurer un guidage précis.

La figure 2 montre l'unité circulaire 1 dans sa position initiale a et  
20 dans sa position finale b, après son déplacement en translation selon l'axe longitudinal de la jambe à mesurer dans le cas d'une mesure du mollet.

Le déplacement de l'axe linéaire est commandé par un moteur pas-à-pas. Le nombre de pas par seconde du moteur fixe la vitesse de déplacement de l'axe linéaire. La commande du moteur pas-à-pas est réalisée  
25 par une application informatique de conduite à partir des paramètres de configuration définis par défaut ou par l'utilisateur via la commande d'axe. Les ordres que peut recevoir la commande d'axe sont par exemple la mise en position initiale à vitesse programmable, le déplacement  
30 absolu à vitesse programmable (envoi d'un nombre de pas moteur), le déplacement relatif à vitesse programmable (envoi d'un nombre de pas moteur), l'acquiescement dès réception de l'ordre ou en fin d'action, et la possibilité de combiner les mouvements en linéaire et circulaire.

La commande d'axe est pilotée depuis l'ordinateur de conduite par  
35 une liaison série (dans l'exemple une liaison série RS232).

Pour pouvoir positionner de manière précise et répétitive le sujet dans la scène de mesure, il faut pouvoir disposer de moyens de repérage précis de la position de la couronne supportant l'axe circulaire. Un régle gradué est fixé sur l'axe linéaire. Le domaine de mesure du sujet est repéré par rapport aux indications portées sur le régle. Pour pouvoir maintenir le sujet dans la scène de mesure, un appui talonnier est fixé à l'axe linéaire et peut être déplacé le long de cet axe. Sa position est réglable en translation longitudinale et latérale, et en rotation. Les positions de l'appui sont choisies par l'opérateur et les valeurs de ces différents réglages sont reportées dans l'application informatique de mesure par l'opérateur.

L'axe circulaire est fixé sur le chariot porté par l'axe linéaire, l'ensemble peut donc être déplacé en translation avec le chariot sous le contrôle de la commande d'axe linéaire. Le déplacement en rotation de l'axe circulaire est commandé par un moteur pas-à-pas. La vitesse de rotation est réglable et, par exemple, la vitesse maximum réalisable peut être de 2/3 de tour par seconde. Dans une forme de réalisation préférée, le diamètre intérieur utile de la couronne est de 360 mm. Le diamètre de révolution de la tête laser est de 341 mm. La position de la tête laser est réglable manuellement. L'alimentation et la sortie des mesures de distance sont assurées par des contacts tournants comprenant 2 x 5 charbons sur cinq pistes. Un condensateur de forte capacité est embarqué sur la couronne pour pallier les micro-coupures de l'alimentation. La redondance des signaux assure une indépendance vis à vis des éventuels défauts de contact. La commande de l'axe circulaire est assurée par un moteur pas-à-pas. Le pignon du moteur entraîne une crémaillère solidaire de la couronne. Le moteur est commandé en fréquence.

Dans un exemple de réalisation préféré, un traitement numérique du signal à la fin de chaque rotation ou en fin de relevé de profil, rendu nécessaire par la nature du capteur choisi, permet de filtrer les bruits induits par les perturbations.

Les contacts tournants permettent d'enchaîner plusieurs rotations successives sans arrêt du dispositif.

Le support permet d'orienter les deux axes et assure la sûreté du



positionnement de l'ensemble du dispositif de mesure. Les positions de mesure sont indexées et verrouillées manuellement.

De préférence, le support est commandé par un déplacement manuel avec blocage en certaines positions prédéfinies. Il peut être couplé  
5 mécaniquement à la table d'examen.

La table d'examen 5 peut être une table d'examen du type table de gynécologie permettant de maintenir le sujet en position de mesure pour la station allongée et assise. La table est escamotée et n'est pas utilisée pour une mesure en position verticale. Elle est positionnée élec-  
10 triquement. Le plateau peut être déplacé en hauteur en restant horizontal. La commande et l'amplitude des déplacements sont déterminés par l'opérateur.

On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif.

Dans un exemple de réalisation préféré, les capteurs optiques de  
15 distance utilisés fonctionnent suivant le principe de la triangulation optique, avec comme source un laser travaillant dans l'infrarouge. Chaque capteur est constitué d'un laser, d'une caméra CCD et d'un microprocesseur de traitement. Le traitement du signal mesuré par la caméra consiste à caler une gaussienne sur le relèvement de la caméra et  
20 donc à déterminer une valeur de mesure théorique dont la finesse ne dépend pas de l'épaisseur du faisceau laser.

La figure 3 illustre le principe de la mesure par laser. D1 est le diamètre intérieur utile de la couronne 1', D2 est le diamètre de révolution de la tête laser et D3 est la zone de mesure correcte théorique.

25 Les reconstitutions de volume à partir de mesure de contours peuvent être réalisées de différentes manières, soit par rotation et déplacement linéaire non couplés, soit par rotation et déplacement linéaire couplés.

Dans le cas d'une rotation et d'un déplacement linéaire non cou-  
30 plés, on mesure le profil d'un contour de l'objet pour une position linéaire. Le contour est défini par un nombre de points ajustable sur 360°. La durée de relèvement du contour est réglable en modifiant la vitesse de rotation du moteur d'entraînement de l'axe circulaire. Une rotation complète est suivie d'un déplacement linéaire de la valeur d'un pas. Le  
35 relèvement est une succession de phases comprenant à chaque fois un

déplacement circulaire après un déplacement linéaire. Dans le cas de l'exemple, la durée minimale de relèvement du contour est de 1,5 s. Cette durée peut être réduite en augmentant le nombre de capteurs et en réduisant donc la rotation de l'axe nécessaire au relèvement d'un contour. Cette solution pose néanmoins des problèmes de raccordement et de synchronisation des mesures des différents capteurs. Le nombre de positions relevées sur le contour de l'objet est un paramètre qui peut être ajusté en fonction des exigences de précisions souhaitées (par exemple 400 points par tour est une valeur raisonnable). La valeur du pas de déplacement selon l'axe linéaire est choisie en fonction de la forme de l'objet à mesurer.

Dans le cas d'une rotation et d'un déplacement linéaire couplés, le volume est calculé en fonction des mesures de distance de l'objet relevé pendant un déplacement combiné en circulaire et en linéaire de la tête laser de mesure. Ce déplacement est effectué en continu et la prise de mesure des distances est effectuée à intervalles réguliers. Les paramètres de réglage sont la valeur du pas de mesure selon l'axe circulaire (le nombre de mesures par tour), la vitesse de déplacement le long de l'axe linéaire, la position initiale de mesure sur l'axe linéaire, la position finale de mesure sur l'axe linéaire et le type d'algorithme utilisé pour reconstituer les volumes à partir des mesures de distance.

---

25

30

35

**REVENDECATIONS**

1. Dispositif de prise de données volumiques sans contact d'un objet, en particulier un pléthysmographe pour la détermination du volume d'un membre d'un sujet, comprenant :
- 5 a) une unité circulaire (1),  
b) un ou plusieurs capteurs (2) de distance situés dans l'unité circulaire (1) et pouvant tourner dans l'unité circulaire (1), pour déterminer la distance entre l'unité circulaire (1) et le membre à mesurer,  
10 et  
c) une unité de translation (4) capable de déplacer en translation l'unité circulaire.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les capteurs sont des capteurs optiques de distance du type laser.
- 15 3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les capteurs sont des capteurs optiques de surface du type caméra matricielle.
- 20 4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une commande d'axe permettant le pilotage de l'unité circulaire (1) et de l'unité de translation (4).
- 25 5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité circulaire (1) est constituée d'une couronne motorisée pouvant tourner sur un ou plusieurs tours complets et sur laquelle sont fixés les capteurs.
- 30 6. Procédé de prise de données volumiques sans contact des membres d'un sujet, caractérisé par les étapes suivantes :
- a) on place le membre à mesurer du sujet à l'intérieur d'une unité circulaire (1),  
b) on fait tourner un ou plusieurs capteur(s) (2) de distance à l'intérieur de l'unité circulaire (1) autour du membre à mesurer et on mesure par l'intermédiaire du ou des capteur(s) (2) la distance en-
- 35

tre le membre à mesurer et l'unité circulaire (1) sur un nombre de points prédéterminé,

c) on déplace l'unité circulaire (1) linéairement le long du membre à mesurer, et

5 d) on répète les étapes b) et c) en fonction de la forme de l'objet à mesurer,

e) on détermine la surface et/ou le volume du membre à mesurer à l'aide des données prises par le ou les capteur(s) (2).

10 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la rotation du capteur (2) et le déplacement linéaire de l'unité circulaire (2) sont réalisés de façon non couplée.

15 8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la rotation du capteur (2) et le déplacement linéaire de l'unité circulaire (2) sont réalisés de façon couplée.

20 9. Système de prise de données volumiques sans contact des membres d'un sujet, comprenant un dispositif de mesure selon l'une des revendications 1 à 5, un système de positionnement du patient (5), un ensemble support basculant (6) qui porte le dispositif de mesure et qui permet son positionnement selon plusieurs inclinaisons comprises entre la verticale et l'horizontale, et un ensemble de commande et de dialogue (7) avec le dispositif de mesure, composé d'un micro-ordinateur.

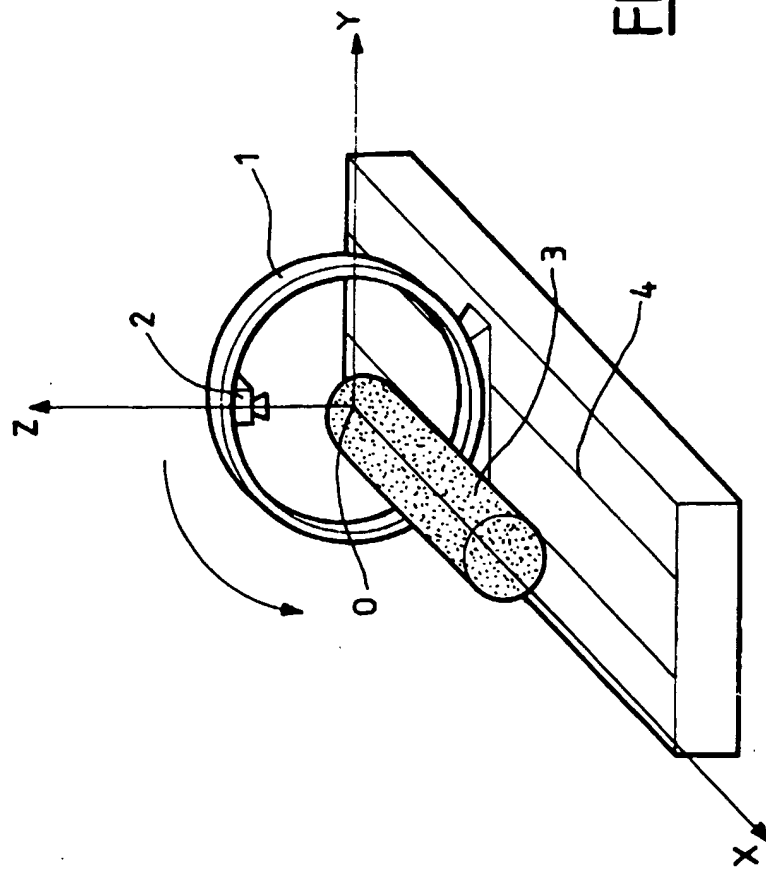
25

---

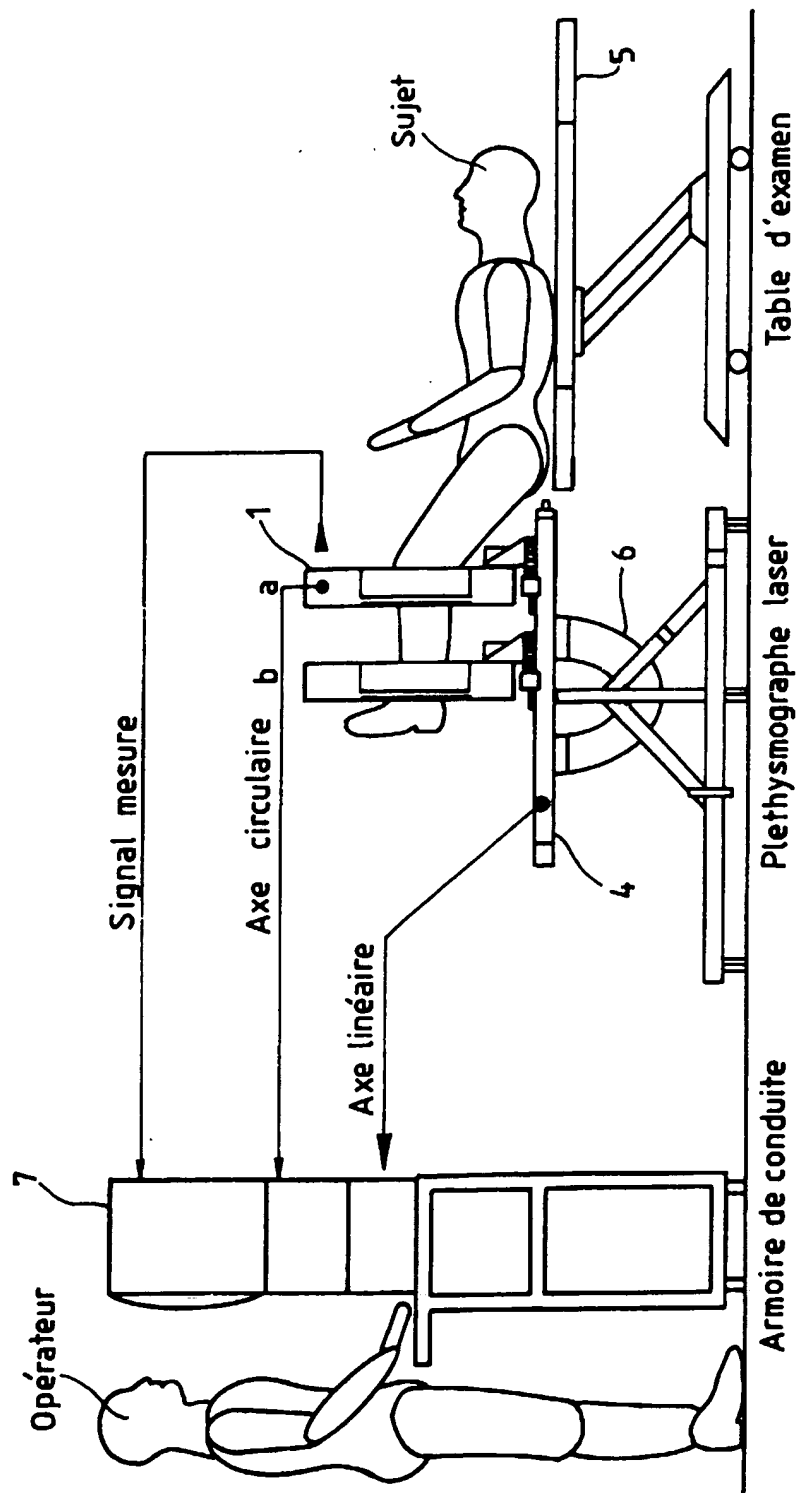
30

35

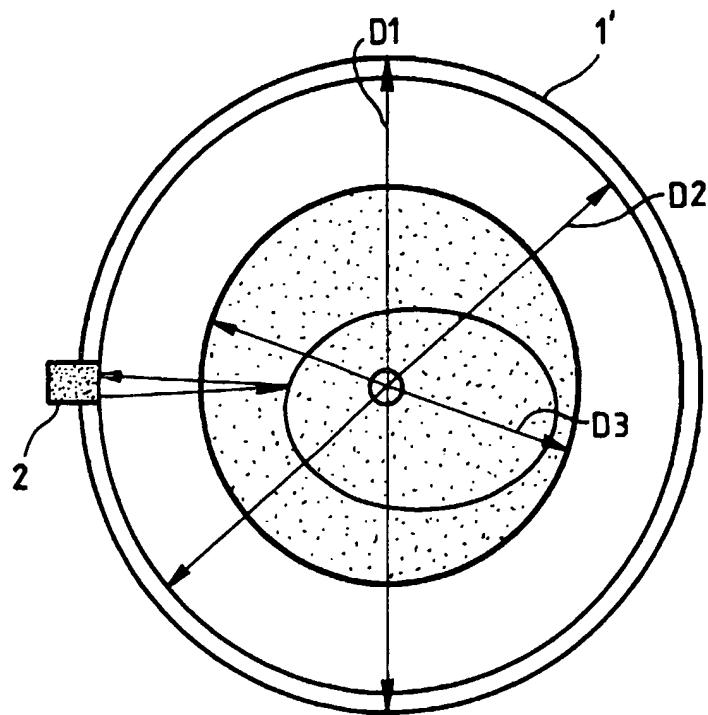
1/3

FIG. 1

2/3

**FIG-2**

3/3

FIG\_3

2774276

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 555033  
FR 9801361

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	DE 35 35 270 A (FISCHBACH ET AL) 9 avril 1987	1,4-6
A	* colonne 2, ligne 48 - ligne 68 * * colonne 4, ligne 12 - ligne 28 * * colonne 6, ligne 25 - ligne 42 * * figures 1,4 *	7,9
Y	FR 2 175 283 A (THOMSON CSF) 19 octobre 1973	1,4-6
A	* page 1, ligne 33 - ligne 35 * * page 2, ligne 27 - ligne 34; figure 1 *	2
A	DE 85 28 559 U (BÖSL) 21 novembre 1985 * page 4, ligne 4 - ligne 10 * * page 11, ligne 1 - page 14, ligne 33 * * figures 1-5 *	1,4,6,9
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		A61B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
9 octobre 1998		Martelli, L
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)